(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 43 01 538 A 1**

(51) Int. Cl.[5]:
G 01 B 11/24
G 01 B 11/03
A 61 C 19/04
A 61 C 13/34

(21) Aktenzeichen: P 43 01 538.7
(22) Anmeldetag: 21. 1. 93
(43) Offenlegungstag: 28. 7. 94

DE 43 01 538 A 1

(71) Anmelder:
Brückner, Peter, Dr.-Ing., O-6013 Suhl, DE; Triebel, Matthias, Dipl.-Ing., O-6000 Suhl, DE

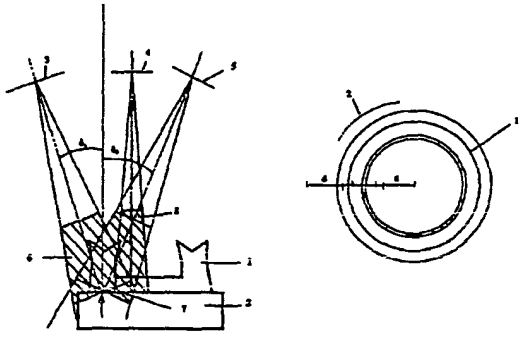
(61) Zusatz zu: P 42 08 455.5

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren und Anordnung zur berührungslosen dreidimensionalen Messung, insbesondere zur Messung von Gebißmodellen

(57) Die Erfindung, das Verfahren und die Anordnung zur berührungslosen dreidimensionalen Messung dient der Bestimmung der Geometrie von Rundteilen, insbesondere von Gebißmodellen. Die Lösung baut auf dem Lichtschnittverfahren auf. Dabei werden zwei Dimensionen optoelektronisch aufgenommen und die dritte durch Relativbewegung des Meßgutes realisiert. Hinterschneidungen bzw. verdeckte Kanten kompliziert geformter Körper werden erfindungsgemäß durch mehrere Meßflächen, die durch eine korrespondierende Anzahl von Meßköpfen bzw. durch eine korrespondierende Anzahl von Meßkopfpositionen realisiert werden, vollständig erfaßt. Die Anzahl und Lage der notwendigen Meßflächen werden anhand von Informationen über das Meßgut festgelegt. Sie sind während der Messung durch Auswertung geeigneter Kriterien automatisch korrigierbar. Unter Berücksichtigung der tatsächlichen Lage der Meßflächen werden alle Meßwerte zu einem einheitlichen Datensatz zusammengefaßt. Zur Anordnung gehören Verstelleinheiten, um eine Positionierbarkeit des Meßgutes zu gewährleisten. Die beschriebene Anordnung ist besonders zur Vermessung von Gebißmodellen geeignet. Die Erfindung wird am besten durch Fig. 5 verdeutlicht.



DE 43 01 538 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 08. 94 408 030/59 11/37

Printed from MIMOSA

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach Hauptpatent P 42 08 455.5 und eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens zur berührungslosen dreidimensionalen Messung, insbesondere von Gebißmodellen.

Es ist bekannt, daß zur dreidimensionalen berührungslosen Messung ein Lichtstreifen auf das Meßgut projiziert wird und dieser Lichtstreifen unter einem Winkel durch eine CCD-Matrixkamera beobachtet wird. Durch Auswertung des seitlichen Versatzes wird eine Meßinformation erhalten. Dabei entsteht durch die Streifenlichtquelle und die Beobachtungskamera eine Meßfläche, welche in Richtung der optischen Achse der Lichtquelle und in einer dazu senkrechten Richtung aufgespannt wird. Die dritte Dimension entsteht durch eine lineare oder rotatorische Relativbewegung, die vorzugsweise senkrecht zur vorgenannten Meßfläche erfolgt. Dadurch entsteht ein dreidimensionales Meßvolumen. Ein solches Lichtschnittverfahren wird z. B. in der Patentschrift US-PS 4 961 155 beschrieben. Nachteilig ist, daß bei diesem Verfahren das Meßgut nur durch eine Meßfläche erfaßt wird. Varianten wie die Verwendung eines zweiten Linienprojektors zur Erzielung einer gekreuzten Meßfläche, wie in US-PS 4 961155, erweitern die Einsatzmöglichkeiten. Da hier nur eine Kamera Verwendung findet ist es z. B. nicht möglich die Scheimpflugbedingung einzuhalten. Der gleiche Mangel haftet der Lösung nach DE 40 27 328A an. Hier wird ein zweiter Linienprojektor zur Erzielung unterschiedlich geneigter Meßflächen beschrieben. Damit ist es bereits möglich, kompliziertere Strukturen zu erfassen. Durch die unterschiedliche Neigung der Meßflächen bei einem gemeinsamen Sensor ist es jedoch nicht möglich die Scheimpflugbedingung zu erfüllen. Eine Beschränkung der Genauigkeit ist die Folge. Durch die feste Lage von einer, ggf. von zwei Meßflächen sind den beschriebenen Verfahren bezüglich Genauigkeit, Meßbereich und Erfaßbarkeit von komplizierten Oberflächenformen enge Grenzen gesetzt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine dazugehörige Anordnung zur berührungslosen dreidimensionalen Messung anzugeben, welche eine vollständige Erfassung komplizierter Objekte, insbesondere mit Hinterschneidungen bzw. mit verdeckten Kanten, ermöglicht.

Zur Lösung dieser Aufgabe werden mehrere Meßköpfe, jeweils bestehend aus einer festen Anordnung von Linienlichtquelle mit Projektionsoptik und dazugehöriger CCD-Matrixkamera mit Abbildungsoptik, in bestimmten Grenzen frei positionierbar im Raum angeordnet. Dies wird durch die Möglichkeit einer translatorischen und rotatorischen Verschiebung des Meßgutes und einer translatorischen und rotatorischen Bewegung der Meßköpfe realisiert. Bei einer berührungslosen dreidimensionalen Aufnahme wird das Meßgut auf der translatorischen und rotatorischen Einheit befestigt. Die Meßköpfe befinden sich senkrecht bzw. um einen bestimmten Winkel geneigt über dem Meßgut. Durch die Linienlichtquelle, bestehend aus Diodenlaser, Kollimatoroptik und Zylinderlinsenanordnung werden auf dem Meßgut Lichtstreifen erzeugt, welche durch die jeweilige CCD-Matrixkamera erfaßt werden. Die Erfassung der ersten Ortsinformation z erfolgt nach dem optischen Triangulationsprinzip. Eine zweite Ortsinformation x oder r wird durch die CCD-Matrix senkrecht zur ersten erfaßt. Die dritte benötigte Ortsinformation y oder Φ wird durch Auswertung der translatorischen oder rotatorischen Bewegung des Meßgutes realisiert. Die Abtastdichte kann variiert werden. Die gewonnenen dreidimensionalen Daten werden in einem Datensatz in Rechteck-, Zylinder- oder Kugelkoordinaten zusammengefaßt. Der entstandene Datensatz beschreibt ein dreidimensionales Oberflächenmodell. Bei einem relativ einfachen, kleinen Meßobjekt ohne Hinterschneidungen und einer räumlichen Ausdehnung, kleiner der Länge eines projizierten Lichtbandes, kann unter Verwendung von nur einer Meßfläche, d. h. unter Einsatz nur eines Meßkopfes (eindimensionale Bewegung des Objektes), das gesamte Meßgut vollständig erfaßt werden. Wenn ein projiziertes Lichtband das Meßobjekt nicht vollständig überstreicht bzw. Hinterschneidungen oder verdeckte Kanten vorhanden sind, wird das Objekt erfindungsgemäß durch zwei oder mehr Meßflächen aufgenommen. Dies wird durch den Einsatz weiterer Meßköpfe realisiert. Anstelle weiterer Meßköpfe ist eine Erhöhung der Anzahl der Meßflächen auch dann möglich, wenn vorhandene Meßköpfe zeitlich aufeinanderfolgend unterschiedlich zum Meßgut positioniert werden. Es entstehen, je nach Anzahl der Meßflächen, mehrere Datensätze im oben beschriebenen Format, die im Anschluß zu einem, das gesamte Meßgut beschreibenden, Datensatz zusammengefaßt werden.

Es sind zwei Wege zu unterscheiden. Zum einen können die einzelnen Meßköpfe lokal kalibriert werden. Bei der Zusammenfassung ist die tatsächliche Lage der Meßflächen im Raum durch Koordinatentransformationen d. h. durch Operationen der Drehung oder der linearen Verschiebung zu berücksichtigen. Zum anderen kann eine Kalibrierung der gesamten Meßeinrichtung d. h. aller Meßköpfe in allen Positionen mit einem geeigneten Kalibrierkörper oder mit mehreren geeigneten Kalibrierkörpern so erfolgen, daß alle interessierenden Raumpunkte in einer gemeinsamen Kalibriertabelle erfaßt werden, auf die sich dann die nachfolgend gewonnenen Meßwerte beziehen können.

Eventuell mehrfach erfaßte, gleiche Oberflächenpunkte des Meßgutes werden bei der Zusammenfassung eliminiert. Durch die Kippung eines oder mehrerer Meßköpfe ist die Möglichkeit gegeben, komplizierte Strukturen des Meßgutes, d. h. mit Hinterschneidungen bzw. mit verdeckten Kanten, die aus einer senkrechten Position des Tastkopfes nicht beobachtet werden können, zu erfassen. Lage und Anzahl der Meßflächen werden a. durch vorhandene Informationen über das Meßgut vor der Messung festgelegt. Handelt es sich um technische Objekte, die mit einem CAD-System entworfen werden, so kann bereits während der Entwurfsphase die Anzahl und die Lage der minimal erforderlichen Meßflächen auf der Grundlage der im CAD-System fixierten Teilegeometrie abgeleitet werden. Es erfolgt vor der Messung ein Export dieser Informationen zum Meßsystem. Um eine Erstmessung unbekannter Meßobjekte automatisch durchführen zu können, ist eine selbstständige Adaption der Meßflächen an Form und Größe des Meßgutes erforderlich. Durch Auswertung des Bildes des projizierten Lichtstreifens wird eine geeignete Systemantwort herbeigeführt. Wird zum Beispiel ein bestimmter Neigungswinkel unterbzw. überschritten, im Extremfall wird der abgebildete Lichtstreifen unterbrochen, so kann durch Kippung des betreffenden Meßkopfes wieder ein auswertbarer Zustand hergestellt werden. Mit einer linearen Verschiebung von Meßköpfen kann ausgedehntes Meßgut erfaßt werden. Ein geeignetes Kriterium hierfür ist das V rhandensein eines von dem Höhenwert der Grundfläche der Meß-

Printed from MIMOSA

einrichtung verschiedenen Höhenmeßwertes. In Abhängigkeit von den dabei entstehenden Meßflächen werden einzelne Datensätze, wie bereits beschrieben, reduziert und zu einem Gesamtdatensatz zusammengefaßt werden, der das zu vermessende Objekt umfassend beschreibt. Die vorgestellte Anordnung besteht aus einem Rundtisch und aus einer Halterung für drei Meßköpfe. Die Aufnahme der drei Meßköpfe erfolgt dabei so, daß jeder Meßkopf horizontal und vertikal positioniert und um einen bestimmten Winkel gekippt werden kann. Mit eine Kippwinkel von δ_1 (vorzugsweise 22,5°) des ersten Meßkopfes gegenüber der Senkrechten und einem Kippwinkel von $\&_2 = -\delta_1$ des zweiten Meßkopfes gegenüber der Senkrechten sowie mit einem dritten (nahezu) senkrecht orientierten Meßkopf ist die Anordnung besonders zur Vermessung von Gebißmodellen geeignet.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispieles näher beschrieben. In der dazugehörigen Zeichnung zeigt

Fig. 1 eine schematische, perspektivische und blockschaltbildartige Darstellung der Grundanordnung der erfindungsgemäßen berührungslosen dreidimensionalen Meßeinrichtung mit einer Triangulationmeßkopf und 6 Freiheitsgraden,

Fig. 2 eine schematische, perspektivische und blockschaltbildartige Darstellung der Grundanordnung der erfindungsgemäßen berührungslosen dreidimensionalen Meßeinrichtung mit zwei Triangulationmeßköpfen und 5 Freiheitsgraden,

Fig. 3 eine schematische, perspektivische und blockschaltbildartige Darstellung der Grundanordnung der erfindungsgemäßen berührungslosen dreidimensionalen Meßeinrichtung für Gebißmodelle,

Fig. 4 die prinzipielle Anordnung der Elemente eines Meßkopfes und die entstehende Meßfläche,

Fig. 5 die resultierende Meßfläche von drei erfindungsgemäß angeordneten Meßköpfen.

In Fig. 1 ist erfindungsgemäß das Meßgut 1 auf einer rotatorischen Verstelleinheit 2 (X) angeordnet. Um beliebig geformte Objekte zu erfassen wird der Meßkopf 3 durch eine dreiachsige lineare Verschiebeeinrichtung (X, Y, Z) in Portalbauweise oder in Ständerbauweise mit den Horizontalachsen 16,17 und der Vertikalachse 18 geführt. Mit zwei weiteren Drehachsen 19,20 (Ψ, Ω) wird schließlich die erforderliche freie Positionierbarkeit des Meßkopfes erreicht. Die Drehachse 2 (X) wäre erfindungsgemäß nicht erforderlich, ermöglicht jedoch bei Rundteilen, wie z. B. Gebißmodellen eine einfachere Bahnsteuerung. Die Steuerung der Antriebe erfolgt durch die Antriebssteuerung 22, die mit dem zentralen Meß-, Steuer- und Auswerterechner 23 verbunden ist. Die Auswertung der Kamerasignale sowie die Übernahme der Positionswerte der einzelnen Antriebe erfolgt durch diesen Rechner 23, der auch die Bildverarbeitung und, unter Anwendung der Funktionen eines CAD-Systems, die Objektdarstellung übernimmt. In Abhängigkeit von der äußeren Beschaffenheit der Meßobjekte erfolgt die berührungslose dreidimensionale Vermessung. Der sich senkrecht bzw. in einem definierten Kippwinkel über dem Meßgut befindende Meßkopf erzeugt mit Laserlichtquelle 9, Kollimator- 10 und Zylinderoptik 11 einen schmalen Lichtstreifen, welcher auf das Meßgut projiziert wird. Durch die CCD-Matrixkamera wird das projizierte Lichtband detektiert und die Höheninformationen als Auslenkung erfaßt. Die Berechnung der exakten Höhenwerte erfolgt auf Grundlage des Triangulationsprinzips. Die ermittelten Oberflächenkoordinaten (z-Koordinate, Radius r oder y-Koordinate) sowie die dritte Ortsinformation, die von den Verstelleinheiten (X, Y, Z, X, Ψ, Ω) geliefert wird, werden in einem Datensatz abgelegt, der die Oberflächenkontur des Meßgutes beschreibt. Im Anschluß erfolgt durch eine Verstelleinheit, unter Beibehaltung der Position der übrigen Verstelleinheiten, eine Verschiebung oder Drehung des Meßgutes und die Auswertung des nächsten Lichtschnittes. Diese Messung erfolgt, bis das gesamte Meßgut erfaßt wurde oder vorgegebene Grenzwerte erreicht werden. Die Abtastdichte kann ebenfalls festgelegt werden. Wenn das Meßgut die Länge des projizierten Lichtbandes überschreitet, muß es in zwei oder mehreren Meßvorgängen abgearbeitet werden. Je Meßvorgang wird ein eigenständiger Oberflächendatensatz generiert, der den betreffenden Abschnitt des Meßobjektes beschreibt. Nach erfolgter vollständiger Erfassung werden die Teildatensätze zu einem einheitlichen Datensatz zusammengefaßt, wobei eventuell auftretende Überschneidungen eliminiert werden. Weist das Meßgut verdeckte Kanten bzw. Hinterschneidungen auf, ist eine Veränderung der Lage der Meßebene nicht nur durch eine Verschiebung des Meßgutes, sondern durch den Einsatz eines gekippten Meßkopfes erforderlich. Diese, durch Kippung erzeugten, weiteren Meßebenen werden, ebenso wie die oben beschriebenen, linear verschobenen Meßebenen, in den Gesamtdatensatz mit einbezogen, wobei der Winkel der Verkippung gemessen und bei der Berechnung der tatsächlichen Oberflächenkoordinaten einbezogen wird. Die Verkippung kann anhand von Vorinformationen über das Meßgut festgelegt werden. Das System kann aber auch selbstständig, z. B. auf eine Unterbrechung des projizierten Lichtbandes reagieren. Als weiteres Kriterium kann auch die Auswertung der Neigung des abgebildeten Lichtstreifens herangezogen werden. Die Auswertung erfolgt analog in der oben beschriebenen Weise. Die vorgestellte Anordnung ist besonders zur Vermessung von Gebißmodellen geeignet.

In Fig. 2 ist erfindungsgemäß eine rotatorische Verstelleinheit 2 auf einer translatorischen Verstelleinheit 5 angeordnet, auf der das zu vermessende Meßgut 1 in geeigneter Weise befestigt ist. An einer Grundplatte 14 sind zwei Meßköpfe befestigt, die bezüglich der Grundplatte unterschiedlich gekippt sind. Diese Grundplatte 14 an einer senkrecht angeordneten rotatorischen Verstelleinheit 7 so angebracht, daß sich ein Meßkopf senkrecht, der andere gekippt, über dem Meßgut 1 befindet. Durch den Einsatz von zwei Meßköpfen verringert sich die Meß- und Auswertezeit erheblich. Nach einer erstmaligen Positionierung und Kalibrierung kann die Position der Meßköpfe für bestimmte Meßgutgeometrien beibehalten werden, so daß sich die Meßgenauigkeit erhöht.

In Fig. 3 werden erfindungsgemäß drei Meßköpfe so angeordnet, daß die Meßflächen der drei Meßköpfe 3, 4, und 5 ein Gebißmodell mit einer einzigen rotatorischen Bewegung vollständig erfassen können. Eine solche Anordnung ermöglicht hohe Meßraten, da drei Matrixsignale gleichzeitig zur Verfügung stehen. Es ist aber auch eine hohe Meßgenauigkeit zu erzielen, da nach einer einmaligen Justierung durch ein horizontales Verstellelement 16 zum Ausgleich unterschiedlicher Gebißdurchmesser, durch ein vertikales Verstellelement 18 zum Ausgleich unterschiedlicher Modellhöhen und durch die Fixierung der Kippwinkel, vorzugsweise +22,5°, −22,5° und 0° gegenüber der Normalen zur Messung außer der Drehung des Tisches 2 keine weite-

ren Bewegungen mehr erforderlich sind.

In Fig. 4 wird die Anordnung der Elemente eines Meßkopfes verdeutlicht. Eine Laserquelle 9 erzeugt sichtbares oder infrarotes Licht. Durch eine Kollimator-10 und Zylinderoptik 11 wird ein Lichtstreifen erzeugt und auf das Objekt projiziert. Dieser wird unter einem Triangulationswinkel α mit einem Objektiv 15 auf die Matrix 13 einer CCD-Matrixkamera 12 abgebildet. Um eine scharfe Abbildung zu erreichen ist die Matrix 13 gegenüber der optischen Achse des Abbildungsstrahlenganges um den Winkel α' gemäß den Scheimpflugschen Bedingungen geneigt. Bei entsprechender Auslegung der einzelnen Komponenten ist ein rechter Winkel zwischen der durch den Laser aufgespannten Objektebene und der Bildebene zu erreichen. Die Projektion der CCD-Matrix in die Objektebene ergibt die Meßfläche 6 bzw. 7 oder 8. Sie ist bei rechteckiger Matrix trapezförmig und in Antastrichtung z nichtlinear geteilt.

In Fig. 5, korrespondierend zu Fig. 3, werden durch drei Meßköpfe 3, 4 und 5 drei Meßflächen 6, 7 und 8 aufgespannt. Das Meßgut 1, ein Gebißmodell, befindet sich auf dem Rundtisch 2. Durch Schnittdarstellung und Draufsicht wird verdeutlicht, daß mit einer einzigen rotatorischen Bewegung alle Details des Meßgutes erfaßbar sind.

Verzeichnis der Bezugszeichen:

1 Meßgut
2 Rundtisch
3, 4, 5 Lichtschnittsensoren
6, 7, 8 Meßflächen
9 Laserlichtquelle
10 Kollimatoroptik
11 Linienoptik
12 CCD-Matrixkamera
13 CCD-Matrix
14 Grundplatte
15 Objektiv
16, 17 Horizontale lineare Verschiebeeinrichtung
18 Vertikale lineare Verschiebeeinrichtung
19, 20, 21 Dreh- bzw. Kippeinrichtung
22 Antriebssteuerung
23 Meß-, Steuer- und Auswerterechner

Patentansprüche

1. Verfahren zur berührungslosen dreidimensionalen Messung nach Hauptpatent P 42 08 455.5, insbesondere zur Messung von Gebißmodellen, bei welchem zwei Dimensionen durch Lichtschnitt aufgenommen werden und die dritte durch eine Relativbewegung des Meßgutes erfaßt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Meßgut durch mindestens zwei (1, 2), vorzugsweise jedoch drei Meßflächen (3, 4, 5), hervorgerufen durch ein, zwei oder vorzugsweise drei Lichtschnittsensoren, welche jeweils Werte in Antastrichtung (h) und Werte senkrecht zur Antastrichtung in der Meßfläche liegend (l) liefern, daß die Werte der einzelnen Meßflächen durch, in geeigneter Weise durchgeführte, Koordinatentransformationen zu einem einheitlichen Datensatz zusammengefaßt werden, der die Lage aller durch die zwei vorzugsweise jedoch drei Meßflächen angetasteten Oberflächenpunkte in bezug auf ein globales Koordinatensystem enthält.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Meßköpfe lokal, entsprechend ihrer Ausgangslage, im Raum kalibriert werden und daß die Zusammenfassung der Meßdaten durch Koordinatentransformationen entsprechend der tatsächlichen Lage der Meßflächen, bedingt durch die Bewegung der Meßköpfe, durchgeführt wird.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das gesamte Meßsystem, d. h. alle Meßköpfe, in allen einnehmbaren Positionen mit einem geeigneten oder mehreren geeigneten Kalibrierkörpern global kalibriert wird und die interessierenden Raumpunkte in einer Kalibriertabelle abgelegt werden, auf die sich die nachfolgend gewonnenen Meßwerte beziehen.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 --3, dadurch gekennzeichnet, daß für technische Meßobjekte, die mit einem CAD-System entworfen werden Anzahl und Lage der Meßflächen bereits im Entwurfsprozeß auf der Grundlage der im CAD-System fixierten Teilegeometrie festgelegt werden.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 —4, dadurch gekennzeichnet, daß eine selbstständige Adaption der Meßflächen an Form und Größe des Meßgutes erfolgt, daß durch Auswertung des Bildes des projizierten Lichtstreifens eine geeignete Systemantwort herbeigeführt wird, daß im Verlauf der Messung auf die Unterschreitung bestimmter Neigungswinkel im Bild oder die Unterbrechung des abgebildeten Lichtstreifens reagiert wird und durch Änderung von Kippwinkel oder Lage des jeweiligen Meßkopfes wieder ein auswertbarer Zustand herbeigeführt wird.

6. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßgut (1) sich auf einem Rundtisch (2) befindet, daß eine Lichtschnittmeßeinrichtung (3), im folgenden kurz Meßkopf genannt, verwendet wird, die im geeigneten Abstand vom Meßgut so angeordnet ist und so positionierbar ist, daß drei Meßflächen mit unterschiedlichen Neigungswinkeln 6 und Positionen in bezug zum Meßgut erzeugt werden.

7. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß das Meßgut (1) sich auf einem Rundtisch (2) befindet, daß zwei Lichtschnittmeßeinrichtungen (3) (4), im folgenden kurz Meßköpfe genannt, verwendet werden, die im geeigneten Abstand vom Meßgut so angeordnet sind, daß die optischen Achsen der Meßköpfe um bestimmte Winkel δ_1, δ_2 gegenüber einer auf dem Rundtisch senkrecht stehenden gedachten Achse, der Normalen, geneigt sind.

8. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß das Meßgut (1) sich auf einem Rundtisch (2) befindet, daß drei Lichtschnittmeßeinrichtungen (4, 5, 6), im folgenden kurz Meßköpfe genannt, verwendet werden, die im geeigneten Abstand vom Meßgut so angeordnet sind, daß die optische Achse des ersten Meßkopfes um einen bestimmten Winkel δ_1, die optische Achse des zweiten Meßkopfes um einen bestimmten Winkel δ_2, vorzugsweise $\delta_2 = -\delta_1$, gegenüber einer auf dem Rundtisch senkrecht stehenden, gedachten Achse, der Normalen, geneigt sind und daß die optische Achse des dritten Meßkopfes um einen Winkel δ_3, vorzugsweise $\delta_3 = 0°$ d. h. daß sie vorzugsweise in Richtung der Normalen zeigt.

Printed on MIMOSA

9. Anordnung gemäß Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Meßköpfe aus einer Laserlichtquelle (9) mit Kollimatoroptik (10) und Linienoptik (11), einer CCD-Matrixkamera (12) mit CCD-Matrix (13), einer Grundplatte (14) und einem Objektiv (15) bestehen, daß die Laserlichtquelle (9, 10, 11) senkrecht zur Grundplatte angeordnet ist, daß das Objektiv (15) ebenfalls an dieser Grundplatte befestigt ist, daß die optische Achse des Objektivs (15) um den gewählten Triangulationswinkel α gegenüber der Laserstrahlrichtung geneigt ist und daß die CCD-Matrix entsprechend der Scheimpfluganordnung ebenfalls gegenüber der optische Achse um den Scheimplugwinkel α' geneigt ist und vorzugsweise parallel zur Grundplatte angeordnet ist.

10. Anordnung gemäß Anspruch 2 oder 3, gekennzeichnet dadurch, daß Justiereinrichtungen vorhanden sind, horizontale lineare Verschiebeeinrichtungen (16, 17), vertikale lineare Verschiebeeinrichtungen (18) und Dreh- bzw. Kippeinrichtungen (19, 20, 21).

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

Printed from MIMOSA

Nummer: DE 43 01 538 A1
Int. Cl.[5]: G 01 B 11/24
Offenlegungstag: 28. Juli 1994

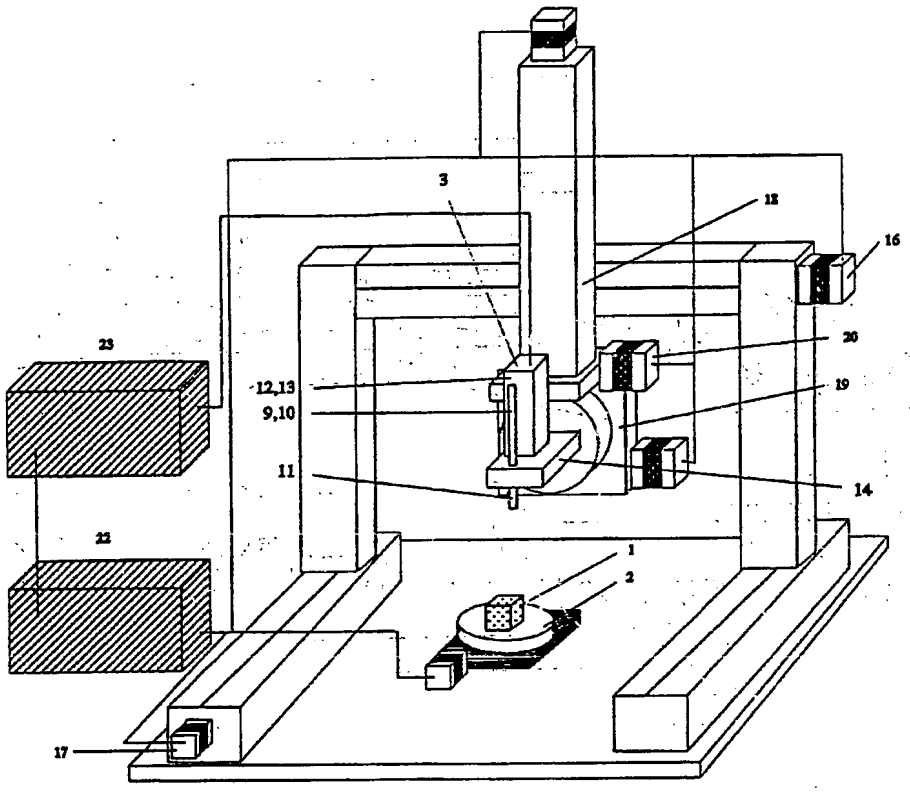


Fig. 1

Printed from MIMOSA

Nummer: DE 43 01 538 A1
Int. Cl.[5]: G 01 B 11/24
Offenlegungstag: 28. Juli 1994

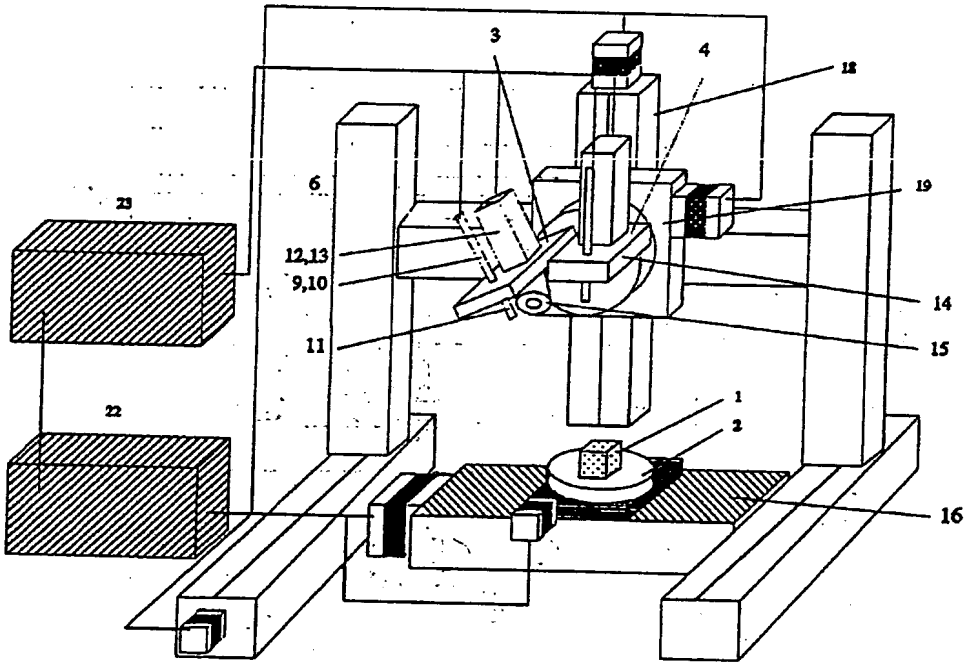


Fig. 2

Printed from MIMOSA

Nummer: DE 43 01 538 A1
Int. Cl.[5]: G 01 B 11/24
Offenlegungstag: 28. Juli 1994

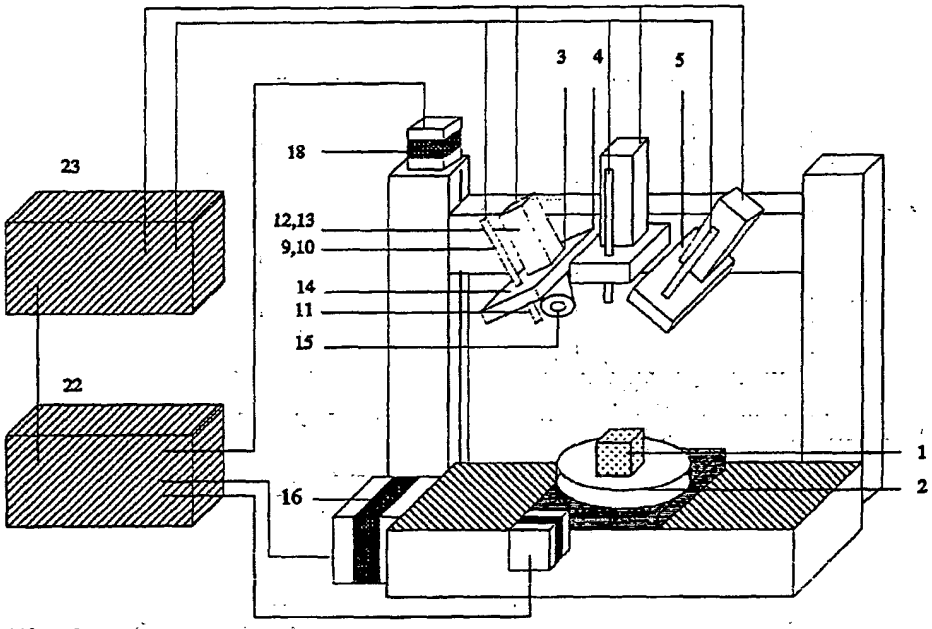


Fig. 3

Printed from MIMOSA

Nummer: DE 43 01 538 A1
Int. Cl.[5]: G 01 B 11/24
Offenlegungstag: 28. Juli 1994

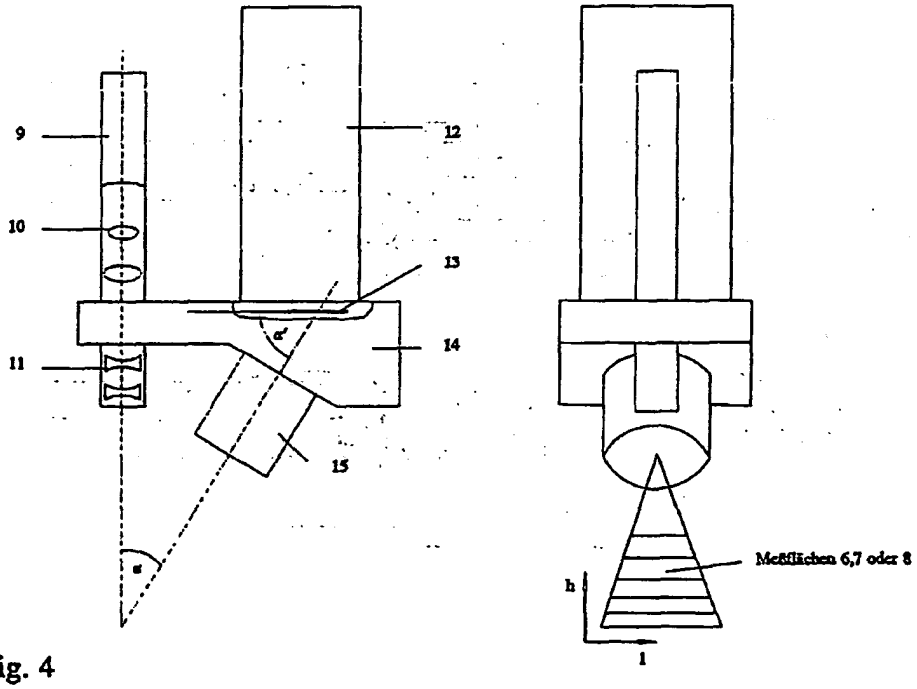


Fig. 4

Printed from MIMOSA

Nummer: DE 43 01 538 A1
Int. Cl.[5]: G 01 B 11/24
Offenlegungstag: 28. Juli 1994

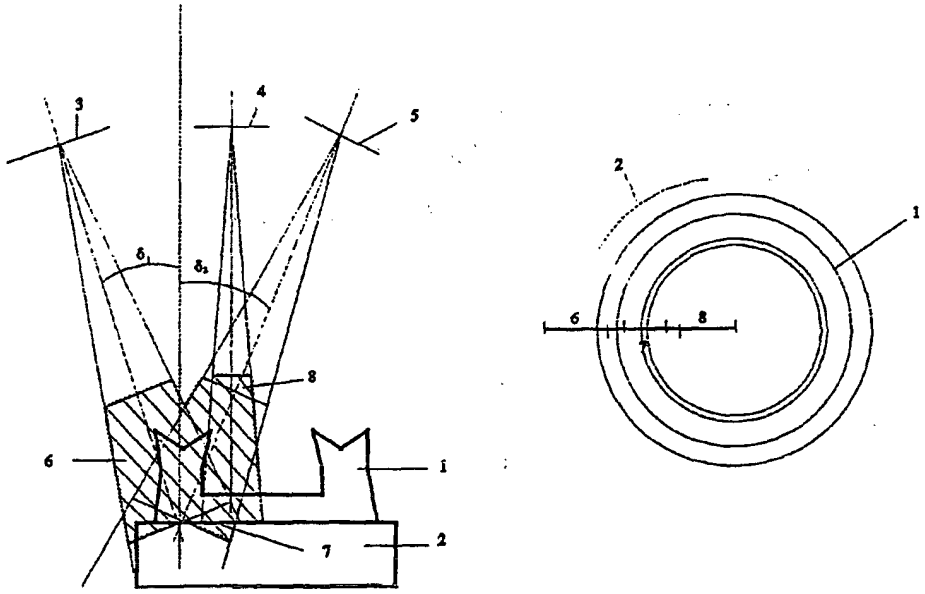


Fig. 5

Printed from MIMOSA